Cornell Medical Library

Der Einfluß von Gärfutter auf das Säurebasengleichgewicht des tierischen Organismus.

Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Veterinär-medizinischen Fakultät

der

Hessischen Ludwigs-Universität zu Gießen

vorgelegt von

Adalbert Seibel

aus Belthein, Hunsrück

Gießen 1936

Druckerei Wilh. Herr, Gießen

Gedruckt mit Genehmigung
der Veterinär-medizinischen Fakultät zu Gießen

Berichterstatter: Professor Dr. Bürker
Professor Dr. Horn

Inhaltsübersicht.

Seite

A. Einleitung: Säurebasenhaushalt und seine Regulationsmechanismen im tierischen Organismus 5

B. Eigene Versuche:

I. Versuchsanstellung 9

II. Arbeitsmethoden 10

III. Versuchsergebnisse 12

a) Versuch I 12

b) Versuch II 16

c) Versuch III 22

IV. Wirkung und Beurteilung eines zugegebenen Kalziumbilactatpräparates 24

V. Diskussion der Ergebnisse 26

VI. Versuch IV an Kühen 32

C. Zusammenfassung 33

D. Verzeichnis des Schrifttums.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154009_0369

Einleitung.

Aufgabe und Ziel der Konservierung der Futtermittel durch Gärung ist, innerhalb des Futterstockes Verhältnisse herbeizuführen, die die Entwicklung der Milchsäurebakterien begünstigen, demgegenüber die Tätigkeit der Butter-, Essigsäure, sowie Fäulnisbakterien unterbinden. Die Entwicklung der Milchsäurebakterien wird gefördert durch kohlenhydratreiche Saftfuttermassen, während ein zuckerarmes, aber eiweißreiches Futter der Ensilierung weniger zugänglich ist. Aus diesem Grunde hat man in neuerer Zeit versucht, das Silieren vor allem des eiweißreichen Futters sicherer zu gestalten, indem man dem Silofutter Mineralsäuren zusetzte. Tatsächlich wird unter dem Einfluß dieser zugesetzten Säuren der Konservierungsprozeß günstig beeinflußt. Auf der anderen Seite aber glaubt man, daß diese immerhin beträchtlichen Mengen Säuren, die hier zugesetzt werden, bei der Fütterung eines auf diese Weise vorbehandelten Silofutters schädliche Folgen im Tierorganismus auslösen könnten. Man fürchtet eine Störung des Säurebasengleichgewichtes und im Zusammenhang damit einen schädlichen Einfluß auf die normalen Lebensvorgänge im Organismus.

Eine wichtige Bedingung für den normalen Ablauf der Lebensvorgänge und damit für die Erhaltung des normalen Lebenszustandes liegt in der Reaktion der Körpersäfte. Besonders gilt dies für die Reaktion des Blutes, das alle Zellen und Gewebe des Tierkörpers umspült und die Schlacken des Stoffwechsels den Ausscheidungsorganen zuführt, von denen sie aus dem Blute übernommen und zur Ausscheidung aus dem Tierkörper gebracht werden. Bei den einzelnen Stoffwechselvorgängen entstehen Zwischen- und Endprodukte, die die normale Reaktion der Körpersäfte stören würden, wenn der tierische Organismus nicht in der Lage wäre, selbsttätig durch Regulierung der Reaktion diese in allen ihren Teilen normal zu erhalten. Ein Versagen oder dauerndes Ueberspannen dieser Regulationsmechanismen zeigt durch pathologische Folgen an, wie lebenswichtig für die gesunde Erhaltung des Organismus der normale Reaktionszustand ist.

Die Reaktion des Blutes liegt in der Nähe des Neutralpunktes mit einer leichten Verschiebung nach der alkalischen Seite. Beeinflussung der Reaktion durch einen Ueberschuß von Säuren oder Alkalien kann das Blut mittels seiner Puffersubstanzen begegnen. Nach Straub[1]) spielt neben der überragenden Bedeutung der Pufferung durch die Eiweißkörper auch die Pufferung

des Systems $\frac{H_2CO_3}{NaHCO_3}$ eine bedeutende Rolle und liegt in der undissoziierten Säure dieses Puffersystems. Bei Säureeinwirkung geht, um die Reaktion beizubehalten, CO_2 aus der wässrigen Lösung in die gasförmige Phase über und wird durch die Lunge ausgeschieden. Die Folge ist ein Herabsinken des CO_2-Gehaltes im Blute. Neben der Regulation durch Pufferung hat der Körper nach Klinke[2]) noch andere Ausgleichmöglichkeiten. „Alkali wie Säure insbesondere das im Stoffwechsel außerordentlich bedeutungsvolle Chlor können in irgendwelchen Depots des Körpers in nicht-ionisierter Form gespeichert werden. Vermöge seiner leichten Beweglichkeit tritt Chlor bei auftretender Säuerung im Stoffwechsel ins Gewebe und Blut ein, um sich dort gegen andere Säureradikale abzutauschen." In geringem Umfange können ferner überschüssige Säuren durch gesteigerte Bildung von Ammoniak aus Proteinstoffen abgebunden werden. Dieser Mechanismus hat jedoch nach verschiedenen Autoren geringe Bedeutung, da höhere Ammoniakkonzentration im Blute schädlich wirkt.

Die überschüssigen Säuren werden mit dem Harn ausgeschieden. Da aber die Säureausscheidung im Harn für freie Säuren beschränkt ist, und sich vielmehr auf organische Säuren und saure Salze bezieht, so muß der Körper für die Ausscheidung von Mineralsäuren Alkalien zur Verfügung stellen. Hier kann die Mobilisierung von Alkalien aus dem Skelett wirksam eingreifen. Dieses System dürfte wohl als äußerste Reserve betrachtet werden. Ein anderer Weg des Körpers, sich Alkalien für die Eliminierung von Säuren zu beschaffen, besteht in einer vermehrten Bildung von Harnammoniak, das nach der Untersuchung von Nash-Benedikt[3]) in der Niere aus organischen Ammoniumverbindungen gebildet wird. Mit Hilfe dieses Ammoniaks werden auch starke Mineralsäuren in Form ihrer Ammoniumsalze zur Ausscheidung gebracht.

Um die Wirkung einer Mineralsäuresilage hinsichtlich des Säurebasenhaushaltes zu prüfen, können durch physiologische Arbeitsmethoden die Vorgänge im Blut selber beobachtet werden. Die Feststellung der H-Ionenkonzentration gibt allerdings in der Regel keinen Aufschluß. Innerhalb der möglichen Grenzen wird diese durch die genannten Regulationsmechanismen auf ihrer Norm gehalten. Ihre Aenderung bedeutet schon eine Ueberspannung der Regulationstätigkeit. Dagegen sind diejenigen Methoden für die Untersuchung brauchbar, welche die Pufferungsbreite im Blute festsetzen; denn hierbei kommt zum Ausdruck, in welchem Grade der Regulationsapparat angestrengt ist. Der insbesondere in der Humanmedizin häufig studierte Blutzuckerspiegel im Zusammenhang mit einer Säurewirkung beweist, daß der Blutzucker bei einer Säureeinwirkung sich vermehrt (H. Elias[4]). Diese Tatsache ist auch bereits bei eini-

gen Tierversuchen beobachtet worden. Nach Solun und Schuster[5]) konnten Selzer und Sawina zeigen, daß der Blutzucker in ihren Versuchen, in denen sie Gänsen Silofutter verabreichten, bedeutend steigt.

Weitere Möglichkeiten, um die Beanspruchung der Regulationsfähigkeit des Organismus durch eine bestimmte Kostform zu untersuchen, ergeben sich aus der Feststellung der Reaktion des Harns. An ihr ist zu erkennen, in welcher Richtung die Stoffwechselprodukte wirken. Bei Säurezufuhr mit dem Futter wird der alkalische Harn des Pflanzenfressers sauren Charakter annehmen mit einem höheren Ammoniakgehalt. Die Regulationsmöglichkeit der Ammoniakbildung ist beim Pflanzenfresser schwach entwickelt.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Reaktion oder das Säurebasengleichgewicht im Organismus durch sehr präzis funktionierende Regulationsvorgänge festgehalten wird, und daß dem Organismus zahlreiche Abwehrmittel zur Verfügung stehen, um den richtigen Säuregrad des Blutes und der Gewebsflüssigkeiten aufrecht zu erhalten. Und es ist gerade diese Abwehr, an der man eine schwache Säuren- oder Basenwirkung des Futters erkennen kann. Schwache Säurewirkung sollte man gut unterscheiden von Säurevergiftung oder Azidose. Die Maßnahmen des Organismus, um die Säuren unschädlich zu machen, sind nicht ohne weiteres als Vergiftungserscheinungen aufzufassen. Trotzdem muß man sich auch bei geringer Säurewirkung die Frage vorlegen, ob sie auf die Dauer unschädlich ist, auch dann, wenn von anormalen Erscheinungen anfangs nichts zu bemerken ist.

Welches Futter entfaltet denn eine Säurewirkung? Bei der Beantwortung dieser Frage ist es nach Brouwer[6]) unwichtig, ob das Futter selbst sauer reagiert. Wichtig ist, ob die Stoffwechselprodukte dieser Futterration sauer wirkenden Charakter haben. „Von größter Bedeutung sind die Aschenbestandteile. Cl, P und S sind die säurebildenden Elemente des Futters. Die anorganischen Säuren, die beim Silieren dem Futter absichtlich zugesetzt werden, wirken, wenn das Futter nicht in der Lage ist, sie zu neutralisieren, selbstverständlich ebenfalls wie Säuren[6])." Es soll an dieser Stelle betont werden, daß die anorganischen Säuren, die einer Silage beim Silieren zugesetzt werden, nur in gebundenem Zustand dort vorhanden sind.

Es sind in einer Silage aber bereits organische Säuren, wie Milch-, Essig- oder auch Buttersäure vorhanden, die schon von sich aus beim Stoffwechsel auf das Säurebasengleichgewicht einwirken könnten. Wir wissen, daß die organischen Säuren fast vollständig oxydiert werden, ob aber die Zwischenprodukte des Stoffwechsels so ganz ohne Einfluß auf die H-Ionenkonzentration des Organismus sind, ist zweifelhaft. Es liegen darüber bereits

einige Versuche von verschiedenen Forschern vor. Nach Brouwer kamen Kellner, Völz sowie Liebscher bei ihren Versuchen mit organischen Säuren, die sie den Futterrationen zusetzten, zu dem Ergebnis, daß mäßige Mengen davon keinen schädlichen Einfluß ausübten, während bei größeren Mengen eine Depression der Verdaulichkeit der Futterration beobachtet wurde. Blatherwick fand, daß unter dem Einfluß der organischen Säuren eine beträchtliche Erniedrigung der Alkalireserve des Blutes eintrat und der Harn sauer wurde. Brouwer fütterte 7 Kühe mit 7 kg Heu und 18 kg holländischer Grassilage pro Tag und Tier. Bei seinen Untersuchungen, die sich auf ph-Wert und Alkalireserve des Blutes sowie ph-Wert und Ammoniakgehalt des Harnes erstreckten, fand er normale Alkalireserve und normalen pH-Wert des Blutes sowie alkalischen Harn mit niedrigem Ammoniakgehalt. Weitere Versuche von Perkins[6]) zeigten dieselben Ergebnisse, wie Brouwer sie gefunden hatte. Durch eingehende Versuche hat Brouwer neuerdings seine früheren Versuchsergebnisse bestätigen können.

Bevor mit der Besprechung nachstehender Versuche begonnen wird, sollen noch die wenigen Versuche Erwähnung finden, die man angestellt hat, um den Einfluß von Mineralsäuren auf den Tierorganismus zu studieren.

Einige Autoren fürchten schädliche Folgen; Kronacher[7]) sagt in seinem Buch: „Im allgemeinen scheint nur das eine festzustehen, daß ein Ueberschuß der Basen über die Säuren in der Nahrung erforderlich ist.“ Nils Hansson[8]) schreibt: „Lange Erfahrung hat auch gezeigt, daß eine längere Zeit dauernde Fütterung mit Futtermitteln, deren Asche sauer ist, ernste Schwierigkeiten mit sich bringen kann.“ Dagegen sind Theiler[9]) u. a. der Ansicht, daß das Rind dieselben Mineralsäureverhältnisse in der Nahrung ertragen könne wie der Mensch. Die Ansicht Theilers ist durch experimentelle Versuche, die Lamb[10]) u. a. am Kaninchen und an Schweinen vornahmen, widerlegt worden. Sie zeigten, daß die Säuremenge, die das Kaninchen pro Gewichtseinheit verträgt, viel kleiner ist als die, welche an das Schwein verabreicht werden kann. Auch Walter[11]) konnte diesen Unterschied zwischen Herbivoren und Karnivoren experimentell nachweisen. Der Pflanzenfresser braucht eine viel kleinere Säuremenge, um bei ihm Vergiftungserscheinungen auszulösen als der Fleischfresser. In früheren Versuchen sah Theiler zwei Rinder sich normal entwickeln, obwohl die Harnreaktion schwach sauer war. Steenbock[12]) beobachtete ebenfalls schon früher eine normale Entwicklung von 2 Kühen, deren Futter H_2SO_4 und H_3PO_4 zugesetzt war. Auch hier war der Harn sauer und der Ammoniakgehalt erhöht. Besseren Aufschluß über den Einfluß von Säuren auf den Organismus geben die Versuche von Brouwer[6]). Seine Ver-

suche bei Kühen, mit Mineralsäuresilage zeigen exaktere Ergebnisse, da hier auch die Blutanalyse als Gradmesser einer Azidose herangezogen wurde. Auf Grund dieser Versuche kommt der Verfasser zu folgendem Ergebnis: „Der beim Rinde unter normalen Verhältnissen alkalisch reagierende Harn nimmt schon bei geringer Säurewirkung sauren Charakter an.“ Brouwer erwähnt, daß eine Säurewirkung sich zuerst am pH-Wert des Harns kund tut. „Die Reaktion des Harns ist das feinste Kriterium für die Beurteilung der Säuren- oder Basenwirkung des Futters. In zweiter Linie erfolgt eine Erhöhung des Ammoniakgehaltes im Harn, die auch dann noch weiter geht, wenn der pH-Wert sich kaum mehr ändert.“ Bei noch stärkeren Säurewirkungen wird nach obigem Verfasser auch das Reservealkali im Blutplasma erheblich niedriger als normal, damit verbunden ein Abfall des Blut-pH. Gleichzeitig ist der Cl-Gehalt im Blute erhöht. Brouwer kommt zu der Ueberzeugung, daß starke Säurewirkungen sicher schädlich sind; bei schwachen Säuren scheint es ihm zweifelhaft. Ein alkalischer Harn bürgt ihm für unschädliche Folgen.

Eigene Versuche.

Versuchsanstellung. Die nachfolgend beschriebenen Versuche sind mit Schafen und Kühen durchgeführt worden. Jeder Versuch mit Schafen umfaßt 4 Perioden, von denen jede 16 Tage dauerte. Die 6 ersten Tage eines jeden Versuchsabschnittes galten als Uebergangszeit.

Das bei den Versuchen verwandte Silofutter war gut gelungene Sudangrassilage und Malven. Das Futter wurde in gehäckseltem Zustande siliert. Von den zwei Sudangrassilos wurde dem Silo II 0,6 kg (7,1 Säureäquivalente) Biosil je Dz. Futter zugegeben, während Silo I ohne jeglichen Säurezusatz blieb. Silo III mit Malve erhielt auf 100 kg Grünfutter 950 gr HCl (8,3 Säureäquivalente). Die Analysen der drei Silagen zeigten folgendes Ergebnis:

	Silo I Sudangras ohne Zusatz	Silo II Sudangras mit Biosil	Silo III Malve mit HCl
	%	%	%
freie Essigsäure	0,292	0,21	0,23
gebundene Essigsäure . . .	0,04	0,01	0,04
freie Buttersäure	0,0	0,0	0,05
gebundene Buttersäure . .	0,0	0,0	0,042
freie Milchsäure	1,4	1,41	0,34
pH-Wert	3,7	3,16	4,08

Wie die Tabelle zeigt, war die Silage gut gelungen, mit reichlich Milchsäure und ohne Buttersäure bei den beiden Sudangrassilagen, während in der Malvensilage geringe Mengen Buttersäure nachgewiesen wurden. Die Struktur jeder Silage war gut erhalten, die Farbe olivgrün, der Geruch schwach säuerlich. Die Tiere nahmen das Gärfutter, nachdem sie sich daran gewöhnt hatten, gern auf.

Die Futterration der I. Periode bestand aus 600 gr Wiesenheu pro Tier und Tag. In der II. Periode erhielten Hammel III und IV = 300 gr Heu und 1500 gr der ohne Mineralsäurezusatz hergestellten Sudangrassilage, während Hammel I und II neben 300 gr Heu 1500 gr H_2SO_4-Sudangrassilage bekamen. Mit Rücksicht auf den niedrigen Trockensubstanzgehalt der Malvensilage erhielt Hammel V neben 300 gr Heu 2150 gr dieser Silage pro Tag. Die Futterration der III. Periode mit 100 % Silage betrug pro Tier und Tag für Hammel III und IV = 3000 gr Sudangrassilage (ohne Zusatz), für Hammel I und II 3000 gr H_2SO_4-Silage. Hammel VI bekam 4500 gr Malvensilage pro Tag. Die IV. Periode war die Wiederholung von Periode I.

Die Tiere wurden regelmäßig dreimal täglich gefüttert und zwar morgens um 8, mittags um 12 und abends um 6 Uhr.

Die ausgeführten Untersuchungen erstreckten sich auf die Bestimmung einer eventuell vorhandenen Azidosis. Dazu wurden ausgeführt:

1. Chlorbestimmung
   a) im Gesamtblut
   b) im Blutplasma
2. Total-CO_2-Gehalt des Blutplasmas
3. pH-Wert des Blutes
4. Blutzuckerbestimmung (in der I. u. III. Periode)
5. Aziditäts- und Ammoniakbestimmung im Harn.

Während die Harnuntersuchungen fast täglich vorgenommen wurden, wurde die Blutanalyse in jeder Periode nur einmal durchgeführt mit Ausnahme der III. Versuchszeit, in der sie zweimal gemacht wurde. Einmal war es praktisch unmöglich, mehrere Blutanalysen in der Periode durchzuführen, dann aber war es auch nicht ratsam, die Tiere durch öftere Blutproben zum mindesten zu schwächen und gleichzeitig unsere Analysen durch die mit dem häufigen Blutentzug verbundene Aenderung der Blutzusammensetzung zu beeinflussen.

Arbeitsmethoden. Der Harn wurde in sauberen Gefässen aufgefangen und nur ganz frisch verarbeitet. Die Harnuntersuchungen erfolgten morgens zwischen 9 und 12 Uhr. Die Messung der Harnreaktion geschah mit dem Elektroionometer nach Lüers und daneben, zumal bei pH-Werten über 8, mit der Indikatorenreihe nach Michaelis. Wir haben uns öfters von der guten Uebereinstimmung beider Methoden überzeugen können.

Für die Ammoniakbestimmung wählten wir die Durchlüftungsbestimmung*. Nach dieser Methode wird das Ammoniak aus dem Harn durch Zusatz von Alkali frei gemacht und vermittels Durchlüftung überdestilliert. Die Durchlüftung dauerte genau 15 Minuten auf einem Wasserbad bei 50 Grad Cels. Jedesmal wurden, wie überhaupt bei allen Bestimmungen, gleichzeitig Kontrollen durchgeführt.

Das zur Untersuchung erforderliche Blut wurde aus der Jugularis entnommen, wobei überflüssige Stauung möglichst vermieden wurde.

Die für die pH-Bestimmung erforderliche Blutmenge wurde sofort im Zentrifugenröhrchen unter Paraffin und daneben für die elekrometrische Untersuchung in einer Spritzenelektrode aufgefangen. Das übrige Blut kam in ein zweites Röhrchen, das Spuren von neutralem Kaliumoxalat enthielt.

Das Chlor im Blut und Serum wurde nach van Slyke bestimmt. Die Bestimmung beruht auf dem Prinzip, daß die organischen Substanzen im Blut in Gegenwart von Silbernitrat durch Salpetersäure zerstört werden. Das notwendige überschüssige Silbernitrat wird mit Rhodanammonium zurücktitriert. Zur Ausführung der Bestimmung wurden 3 ccm Blut (oder Serum) mit 10 ccm n 20 $AgNO_3$-Lösung versetzt und auf dem Wasserbade unter Bedeckung mit einem Uhrglas solange erhitzt, bis die über dem Chorsilberniederschlag stehende Flüssigkeit eine klare, hellgelbe Farbe angenommen hatte, was bei Blut nach etwa 12 Stunden, bei Serum nach 2 Stunden der Fall war. Die abgekühlte Lösung wurde unter Verwendung von 1 gr Eisenammoniakalaun als Indikator mit einer n 20 Rhodanammoniumlösung bis zur gerade sichtbaren Rotfärbung zurücktitriert. Aus den verbrauchten ccm Silbernitrat wurde der Chlorgehalt für 1000 ccm Blut berechnet.

Die CO_2Bestimmung geschah ebenfalls nach van Slyke. Aus dem mit CO_2 gesättigten im Gleichgewicht befindlichen Plasma wird die Kohlensäure durch Schwefelsäure in Freiheit gesetzt und aus dem erhaltenen Gasvolumen der CO_2-Gehalt nach van Slyke berechnet.

Der Blutzucker wurde kolorimetrisch nach Crecelius u. Seifert[16]) bestimmt. Das entnommene Blut wurde mit Wasser verdünnt und diesem Gemisch Pikrinsäure zugesetzt; das ausgefällte Eiweiß abfiltriert und das Filtrat mit NaOH versetzt. In dieser alkalischen Lösung wurde die Pikrinsäure durch den Blutzucker in der Hitze zu Pikramsäure reduziert, die eine rote Farbe besitzt. Die Menge der entstandenen Pikraminsäure wird kolorimetrisch gemessen. Die abgelesenen Werte geben den Blutzuckergehalt direkt in mg/% an.

Die pH-Bestimmung im fünffach verdünnten Serum geschah nach Michaelis mit der Indikatorenreihe. Daneben wurde teilweise

*) L. Pincussen, Mikromethodik, Leipzig 1928.

auch mit Hilfe der Spritzenelektrode die Blutreaktion elektrometrisch bestimmt. Beide Methoden zeigten gute übereinstimmende Resultate.

Versuchsergebnisse.

Versuch I. Gärfutter ohne Säurezusatz.

In Versuch I wurde die ohne irgendwelchen Zusatz hergestellte Sudangrassilage an Hammel III und Hammel IV verfüttert. Die Ergebnisse der Harnuntersuchung geben die Abbildungen 1—3 und Tabelle 1 wieder.

Tabelle 1 (Harn).

Tag der Untersuchung	Periode I Heufütterung				Periode II 50% Silagefutter				Periode III 100% Silagefutter				Periode IV Heufütterung			
	Hammel III		Hammel IV		Hammel III		Hammel IV		Hammel III		Hammel IV		Hammel III		Hammel IV	
	pH	NH_3*)	pH	NH_3	pH	NH_3	pH	NH_3	pH	NH_3	pH	NH_3	pH	NH_3	pH	NH_3
7.		4,5			8,4	10,87	8,3	4,38	7,1	4,0	6,1	2,0	7,6	4,0	7,8	4,03
8.		3,5		4,03	8,3	10,12	8,25	4,75	6,3	2,24	6,1	3,50	8,2	6,75	8,2	5,50
9.	8,3	2,5	7,8	5,50	8,3	9,25	8,3	4,15	6,2	0,50	7,4	2,45		4,00	7,8	3,00
10.		2,0			8,1	14,50	8,3	3,25	6,5	1,50	6,5	4,00	8,4	7,0		4,00
11.	8,4	6,5	8,2	3,00	8,1	10,12	8,2	4,25	6,6	1,00	7,4	1,55	8,5	2,0	8,4	3,00
12.		4,5			8,1	12,0	8,35	3,25	8,0	0,75	7,9	2,00				
13.		4,37	7,8	4,00	8,4	14,63	8,2	2,00	7,6	0,90	7,6	3,00				
14.	8,2	6,01			8,5	6,50	8,3	3,76	7,9	0,90	7,0	2,75				
15.	8,15	6,50	8,4	3,00	8,3	7,63	8,3	4,03	7,9	0,50	7,3	2,25				

Die normalen Werte bei der Heufütterung zeigen, daß die Tiere einen alkalischen Harn absondern mit einem durchschnittlichen pH-Wert von über 8 und daß der Harn nur wenig Ammoniak enthält; das Mittel der pro Tag ausgeschiedenen NH_3-Menge beträgt für jedes Tier weniger als 5 m-Aequivalente pro Liter. In der II. Versuchszeit, in der neben 300 gr Heu 1500 gr Sudangrassilage gefüttert wurden, ergeben die Harnuntersuchungen folgende Resultate: Bei Hammel IV ändert sich weder der pH-Wert noch der NH_3-Gehalt. Der pH-Wert ist sogar um ein geringes höher als der durchschnittliche pH-Wert der Heuperiode, der Mittelwert des NH_3-Gehaltes etwas niedriger als im vorhergehenden Versuchsabschnitt. Hammel III dagegen bildet etwa die doppelte Menge Harnammoniak der vorhergehenden Heuperiode. Der durchschnittliche NH_3-Gehalt steigt von 4,43 der I. Periode auf 8,40 mg-Aequivalente in der II. Versuchszeit, während der Harn-pH den gleichen Wert behält.

*) Milliäquivalente pro Liter.

In der III. Versuchsperiode ist der Einfluß des Silofutters insbesondere auf die Harnreaktion unverkennbar. Die Durchschnittswerte der täglichen pH-Werte liegen bei beiden Tieren auf der sauren Seite und bleiben um mehr als eine Einheit unter den Mittelwerten der vorhergehenden Periode. Auffallenderweise geht die NH_3-Menge bei beiden Hämmeln deutlich zurück. Der Grund

Abbildung 1. pH-Werte des Harns.

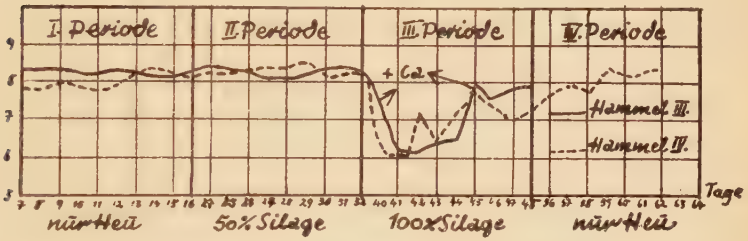


Abbildung 2. NH_3 in 1000 cm^3 Harn (m-Aequ.)

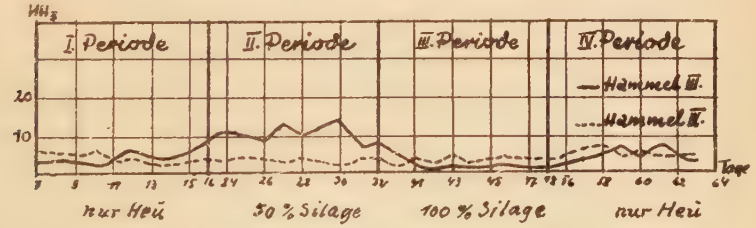
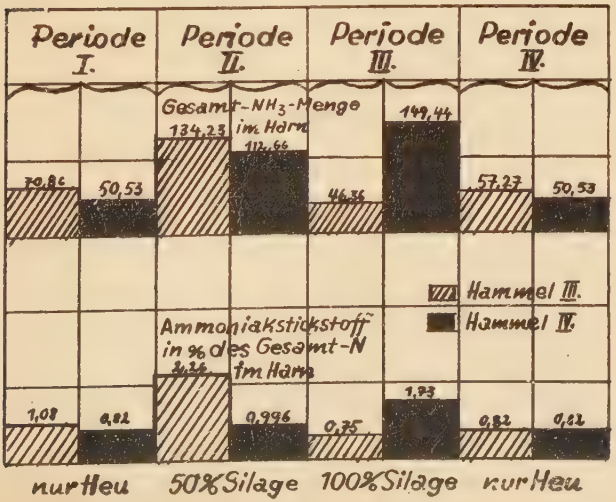


Abbildung 3.



liegt zum großen Teil in der gesteigerten Harnmenge, die die Tiere während der Silagefütterung absonderten. Unter Berücksichtigung der Harnmengen ist in Abbildung 3 für jede Periode die durchschnittlich pro Tag mit dem Harn ausgeschiedene gesamte NH_3-Menge dargestellt. Die in Abbildung 3 dargestellten Gesamt-NH_3-Werte zeigen, daß auch Hammel IV während der II. Periode mit seiner gesteigerten Harnmenge mehr NH_3 ausscheidet als in Periode I; der Durchschnittswert von 112,66 mg der II. Periode liegt höher als das Doppelte des Mittelwertes der I. Periode. Hammel IV hat nicht einmal diese Steigerung zu verzeichnen.

In Periode III steigt der Gesamt-NH_3-Gehalt bei Hammel IV weiter auf 149,44 mg, während er bei Hammel III, der Zulage eines Kalkpräparates erhält, auf 46,36 mg stark abfällt. Gleichzeitig ist in Abbildung 3 der Ammoniakstickstoff in % des gesamten Stickstoffs des Harnes ausgedrückt. Etwa parallel mit der vermehrten NH_3-Menge nimmt auch der Prozentsatz des NH_3-Stickstoffs zum Gesamtstickstoff des Harnes zu.

Ergebnisse der Blutanalysen.

Die Blutuntersuchungen wurden am 15. Tage einer jeden Periode durchgeführt. In der III. Periode wurde außerdem am 10. Tage noch eine Blutanalyse gemacht. Die Ergebnisse der angestellten Untersuchungen enthalten die Tabelle 2 und die Abbildungen 4 u. 5.

Tabelle 2.

Bezeichnung	Hammel III					Hammel IV				
	Serum			Blut		Serum			Blut	
	pH	CO_2*)	Cl**)	Zucker***)	Cl**)	pH	CO_2	Cl	Zucker	Cl
Heufütterung . .	7,88	63,35	3,683	100	3,37	7,9	54,5	3,8	100	3,253
50 % Silage . .	7,9	65,25	3,803	—	3,373	7,85	56,67	3,743	—	3,313
100 % { 1. Unters.	7,9	63,3	3,993	-	3,373	—	44,2	3,863	—	3,423
Silage { 2. „	7,8	59,1	3,7266	60	3,37	7,85	51,0	3,786	106	3,343
Heufütterung . .	7,8	56,5	3,823	—	3,36	7,9	54,5	3,8	—	3,25

Die gefundenen Werte der Cl-Bestimmung im Gesamtblut ergeben, wie aus Tabelle 2 und auch deutlich aus Abbildung 4 zu ersehen ist, ziemlich negative Ergebnisse inbezug auf eine Säurewirkung.

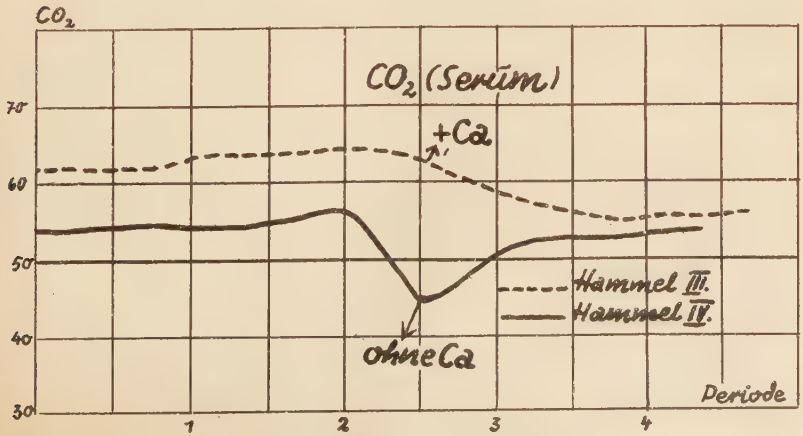
*) Volum. Prozent. **) gr in 1 kg Blut. ***) mg. Prozent.

Abbildung 4.

Während der ganzen Versuchszeit bleibt der Chlorspiegel des Gesamtblutes bei Hammel III genau auf gleicher Höhe, während Hammel IV nur ganz unbedeutende kleine Differenzen im Blutchlorgehalt aufweist. Die Chlormenge im Serum ist dagegen bei beiden Tieren etwas angestiegen und zwar einzig und allein auf Grund der ersten in der III. Periode vorgenommenen Blutuntersuchung. Am Ende der III. Periode sind bereits die Chlorwerte wieder normal.

Da normalerweise der Total-CO_2-Gehalt des Blutplasmas verhältnismäßig starken Schwankungen unterworfen ist, so müssen die gefundenen Ergebnisse der CO_2-Bestimmung diesbezügliche Berücksichtigung finden.

Abbildung 5.



Umstehende Abbildung gibt die CO_2-Kurve während der Versuchszeit wieder. Es besteht kein Zweifel, daß Hammel III (Kalkpräparat) mit seiner Kurve innerhalb der Schwankungsgrenzen sich bewegt. Die CO_2-Menge ist während der Silagefütterung teilweise höher als bei Heufütterung. Etwas anders verhält sich Hammel IV. Es ist kaum anzunehmen, daß der CO_2-Wert von 44,2 Vol. Prozent der III. Periode als normal zu bezeichnen ist. Die Abnahme des CO_2-Gehaltes um 12,4 Vol. Prozent dürfte demnach als Reaktion der Silagefütterung zu werten sein.

Die in der III. Periode vorgenommene Blutzuckerbestimmung gibt beim Vergleich zu den normalen Werten der Heuperiode keine positiven Resultate (vergl. Tabelle 2 S. 14). Während bei Hammel IV der Blutzuckergehalt des Blutes ganz unbedeutend zugenommen hat, ist er bei Hammel III um 40 mg. Prozent zurückgegangen.

Es ist klar, daß bei solchen minimalen Veränderungen in der Blutzusammensetzung ein Verschieben der Blutreaktion nach der sauren Seite hin kaum zu erwarten ist. Die H-Ionenkonzentration zeigt ebenfalls keine bemerkenswerte Veränderung. Die kleinen Differenzen dürften sich innerhalb der Fehlergrenzen bewegen.

Versuch II.

Der Versuch verlief unter gleichen Voraussetzungen wie der vorher beschriebene. Es wurde dieselbe Sudangrassilage verfüttert, mit dem einzigen Unterschied, daß ihr H_2SO_4 in Form von Biosil zugegeben war. Die Untersuchungen fanden zu der gleichen Zeit statt wie in Versuch I.

Tabelle 3.

Ergebnisse der Harnuntersuchungen.

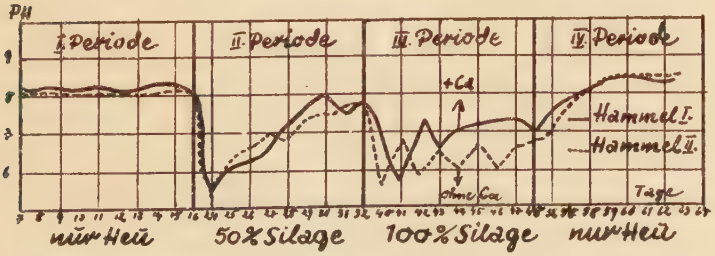
Tag der Untersuchung	Periode I Heufütterung				Periode II 50 % Silagefutter				Periode III 100 % Silagefutter				Periode IV Heufütterung			
	Hammel I		Hammel II		Hammel I		Hammel II		Hammel I		Hammel II		Hammel I		Hammel II	
	pH	NH_3*)	pH	NH_3	pH	NH_3	pH	NH_3	pH	NH_3	pH	NH_3	pH	NH_3	pH	NH_3
7.		5,50		4,50	5,37	13,25	5,32	12,13	6,41	30,25	5,32	33,16	7,8	3,50	7,6	4,25
8.		5,00		3,00	6,19	13,87	6,36	13,00	5,8	20,87	6,7	33,50	8,2	6,25	8,2	2,00
9.	8,2	2,25	8,0	2,50	6,26	20,13	6,62	15,75	7,2	31,50	5,9	40,51	8,5	5,0	8,4	3,50
10.		4,75		2,00	6,50	17,03	6,96	17,75	6,7	17,50	6,60	38,74	8,4	5,50	8,5	4,00
11.		4,03		2,62	7,23	14,77	6,88	22,75	7,0	20,0	6,1	42,26				
12.	8,3	6,13	8,1	2,75	7,70	19,63	7,50	25,63	7,1	45,26	6,6	54,00				
13.		5,25		2,38	8,0	21,01	7,60	24,75	7,3	46,80	6,0	33,50				
14.	8,2	4,87	8,2	4,50	7,5	28,13	7,81	25,72	7,2	22,50	6,5	24,83				
15.	8,4	6,25	8,2	3,50	7,7	19,38	7,59	33,00	7,0	16,25	6,7	42,26				

*) Milliäquivalente pro Liter.

Die Versuchsergebnisse lassen bereits in der II. Periode eine deutliche Reaktion auf die „50 %ige" Silageration erkennen. Der während der Heufütterung stark alkalische Harn wird zu Anfang der II. Periode stark sauer. Die pH-Werte fallen bei der ersten Untersuchung in Periode II auf 5,37 bezw. 5,32. Die täglichen Untersuchungsergebnisse dieses Versuchsabschnittes zeigen aber einen allmählichen aber sicheren Anstieg der pH-Werte bei beiden Tieren, sodaß am Ende der Periode der Harn wieder alkalisch wird (vergl. Abbildung 6). Der durchschnittliche Harn-pH der Periode mit 6,91 und 6,96 bleibt etwa 1,3 Einheiten unter dem Normalwert. Durch die erhöhte Säurewirkung des Futters macht sich auch eine stark vermehrte Ammoniakbildung bei beiden Versuchstieren bemerkbar (Abb. 7), sodaß wieder die Säurewirkung fast vollständig kompensiert wird. Ein Vergleich der Werte der II. Periode mit denen der ersten läßt deutlich erkennen, in wieweit der Regulationsmechanismus der NH_3-Bildung im Säurebasengleichgewicht bereits in Anspruch genommen ist. Ist doch die durchschnittlich pro Tag im Liter Harn ausgeschiedene NH_3-Menge bei Hammel I von 4,89 auf 18,58 und bei Hammel II von 3,08 sogar auf 21,16 m-Aequivalente gestiegen. Während beide Hämmel sich etwa gleich verhalten in Bezug auf pH-Werte, reagiert, wie die Mittelwerte zeigen, Hammel II mit stärkerer Ammoniakbildung.

Bei 100 %iger Silagefütterung verstärkt sich noch die Säurewirkung, im Prinzip aber sind es die gleichen Veränderungen wie bei 50 %iger Silageration.

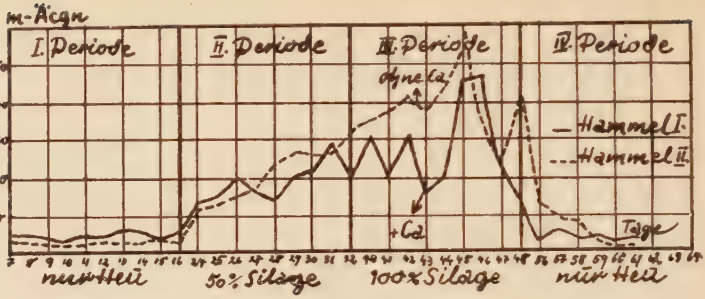
Abbildung 6.



Wie aus Abbildung 6 zu ersehen ist, fallen auch hier die pH-Kurven erst stark ab, zeigen dann einen allerdings unregelmäßigeren Anstieg als in der vorhergehenden Versuchszeit und erreichen auch nicht die Höhe wie in Periode II. Der Harn bleibt während der ganzen III. Periode sauer. Die durchschnittlichen pH-Werte sind auf 6,76 und 6,29 gesunken.

Abbildung 7.

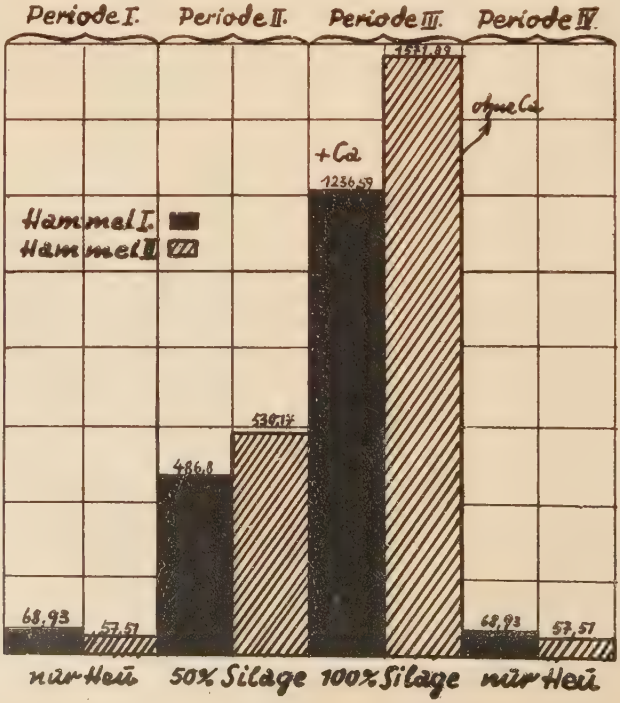
NH_3 in 1000 cm^3 Harn (m-Aequ.)



Etwa in demselben Maße wie in Versuchszeit II steigt beim Hammel II die NH_3-Kurve weiter und erreicht am 13. Tage der Periode III mit 54,00 m-Aequivalent ihren höchsten Gipfel. Auch Hammel I (Kalkzulage) reagiert weiter mit vermehrter NH_3-Bildung, doch erreicht seine unregelmäßiger verlaufende NH_3-Kurve nicht ganz die Höhe wie die von Hammel II.

Abbildung 8.

Gesamte im Harn ausgeschiedene NH_3-Menge.

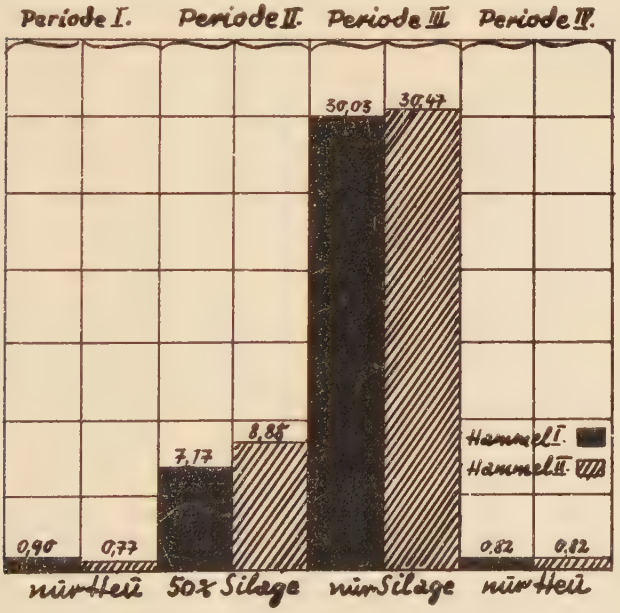


Die in der III. Periode durchschnittlich ausgeschiedene NH_3-Menge pro Liter (Hammel I = 27,88, Hammel II = 39,20) zeigt eine bedeutende Differenz zwischen beiden Tieren, auf die wir später noch zu sprechen kommen, und läßt auch den vermehrten NH_3-Gehalt im Vergleich zu den Mittelwerten der vorangehenden Periode deutlich erkennen.

Abbildung 8 gibt noch einmal die Mittelwerte der im Harn täglich ausgeschiedenen gesamten NH_3-Menge wieder. Sie zeigt in besonders starkem Maße den Unterschied der gebildeten NH_3-Menge der einzelnen Versuchsabschnitte.

Abbildung 9.

Ammoniakstickstoff in Prozent des Gesamtstickstoffs im Harn.



Wie stark der Anteil des Ammoniaks unter den N-haltigen Produkten des Harnes bei einem Futter mit Säurewirkung ansteigt, zeigt die Abbildung 9.

Ergebnisse der Blutanalysen.

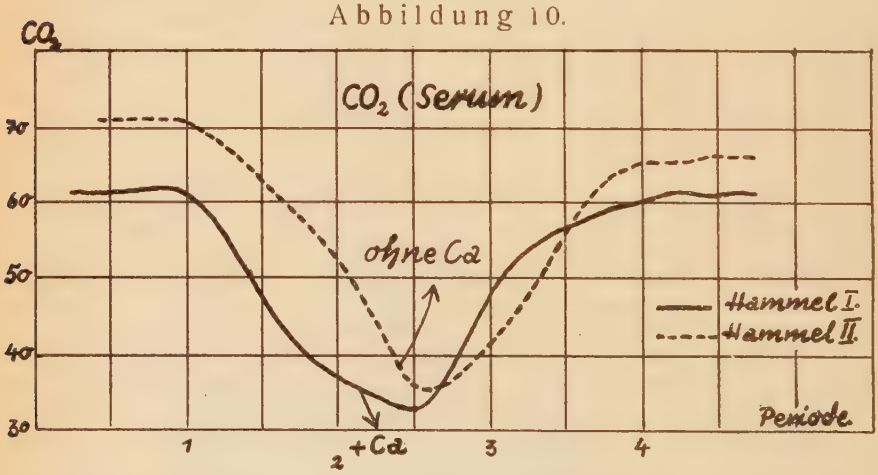
Die Säurewirkung, die auf Grund der Harnuntersuchungen festgestellt wurde, kann durch die Ergebnisse der Blutanalysen bestätigt werden.

Tabelle 4.

Bezeichnung	Hammel I					Hammel II				
	Serum			Blut		Serum			Blut	
	pH	CO_2	Cl	Zucker	Cl	pH	CO_2	Cl	Zucker	Cl
Heufütterung . .	7,8	60,95	3,653	110	3,433	7,93	71,0	3,80	95	3,213
50 % Silage . . .	7,74	46,20	4,083	—	3,705	7,90	53,2	3,963	—	3,673
100 % Silage 1. Unters.	7,70	33,6	4,20	—	3,756	7,75	35,9	4,673	—	3,743
100 % Silage 2. „	7,75	48,6	4,01	140	3,705	7,85	41,9	3,983	110	3,596
Heufütteruug . .	7,75	60,3	3,705	—	3,326	7,8	65,2	3,64	—	3,243

Sehr eindeutig reagieren beide Tiere mit dem Abfall des CO_2-Gehaltes im Blutplasma während der Silagefütterung. Die Säurewirkung ist so stark, daß die CO_2-Werte in der III. Periode etwa auf die Hälfte der Normalwerte bei beiden Tieren herabsinken.

Abbildung 10.

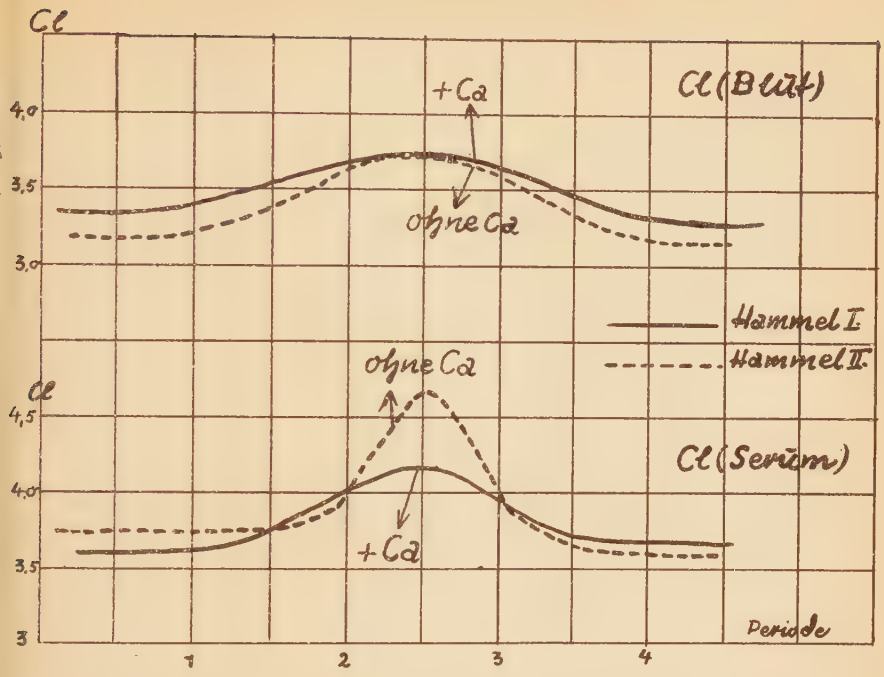


Die in Abbildung 10 dargestellten Kurven geben die CO_2-Werte während der Versuchszeit wieder und zeigen, daß schon in der II. Periode der CO_2-Gehalt bei beiden Hämmeln stark abgenommen hat. Den tiefsten Punkt erreichen die Kurven, wie gesagt, in der III. Periode, um am Ende derselben Periode wieder anzusteigen.

Die Säurewirkung beweisen auch die Ergebnisse der Chlorbestimmungen, sowohl die des Gesamtblutes als auch die Chlorbestimmung im Serum.

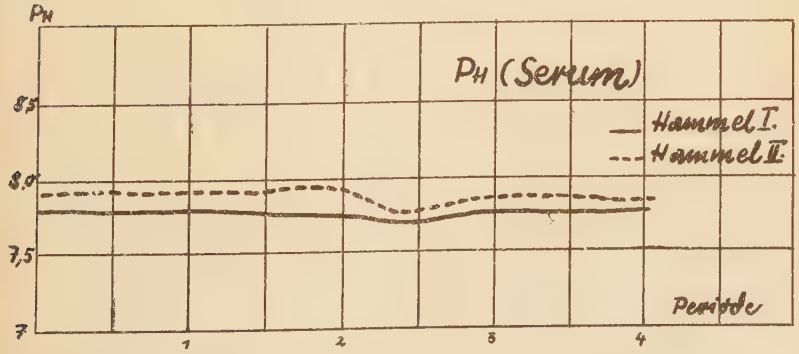
Blutchlor wie Serumchlor sind während der Silagefütterung vermehrt, und zwar weisen wiederum die Ergebnisse der ersten Untersuchung in der III. Periode die höchsten Chlorwerte auf, die zweite Blutuntersuchung ergab bedeutend niedrigere Cl-Werte,

Abbildung 11.



die sich mit denen der II. Periode etwa deckten, jedoch über den Normalwerten bei der Heufütterung liegen. Einen besonders hohen Cl-Gehalt im Serum hat Hammel II bei 100 % iger Silagefütterung, was deutlich in Abbildung 11 zum Ausdruck kommt.

Abbildung 12.



Die in der III. Periode vorgenommene Blutzuckerbestimmung ergab im Vergleich zu den Normalwerten während der Heufütterung kein eindeutig positives Ergebnis inbezug auf eine Säurewirkung. Wohl ist bei beiden Tieren der Blutzucker etwas vermehrt in Periode III (vergl. Tabelle 4, S. 20) und im Zusammenhang mit den anderen Ergebnissen der Blutanalysen dürfte auch der etwas gesteigerte Blutzuckergehalt während der Silagefütterung mitbestimmend sein in der Beurteilung der Säurewirkung der Futterration.

Was die Reaktion des Blutes während der Versuchszeit betrifft, so ist zu sagen, daß bei beiden Tieren der pH-Wert des Blutes nur ganz geringen Schwankungen unterworfen ist, und zwar bei der ersten Untersuchung in der III. Periode, bei der zweiten Untersuchung wurden schon wieder normale Werte gefunden (Abbildung 12, Seite 21).

Versuch III.

Das Ausgangsprodukt des zum Versuch verwandten Silofutters war die Futtermalve, der bei der Einsäuerung HCl zugegeben worden war. Die Versuchsanordnung unterschied sich von den anderen insofern, als Hammel V im Anschluß an die Heuperiode eine Futterration bekam, deren Trockensubstanz zur Hälfte durch Malvensilage ersetzt wurde und Hammel VI zur selben Zeit nur Silage erhielt.

Tabelle 5.

Ergebnisse der Harnuntersuchungen.

Tag der Untersuchung	Heufütterung				50% Silage		100% Silage	
	Hammel V		Hammel VI		Hammel V		Hammel VI	
	pH	NH_3*)	pH	NH_3	pH	NH_3	pH	NH_3
7.					8,5	3,88	8,2	19,00
8.	8,0	5,00	8,20	4,00	8,1	5,13	8,4	23,84
9.					6,8	7,50	8,2	19,88
10.	8,5	2,50	7,8	7,50	5,9	14,13	8,5	22,25
11.					8,4	9,44	7,4	27,50
12.					6,6	10,50	7,2	15,00
13.	8,2	3,50	8,3	10,00	7,7	9,00	7,0	14,5
14.	8,0	4,50			7,7	19,00	8,3	36,75
15.	8,5	4,25	8,4	8,50	6,8	20,00	8,5	46,25

Hammel V, dessen Futterration neben 100 g Heu 2250 g HCl-Silage enthielt, sondert einen Harn ab, dessen pH-Wert gefallen und dessen NH_3-Gehalt im Vergleich zu den Normalwerten bei Heufütterung gestiegen ist. Der NH_3-Gehalt des Harns steigt von 3,88 zu Beginn der Untersuchungen auf 20,0 m-

*) m-Aequivalente.

Aequivalente am Ende des Versuchsabschnittes. Der Durchschnittswert von 10,95 beträgt etwa das dreifache des Normalwertes bei Heufütterung. Auffallend sind die starken Schwankungen des pH-Wertes (vergl. Abb. 13, S. 28). Der durchschnittliche pH-Wert der Periode mit 7,33 bleibt 0,9 Einheit unter dem Mittelwert der Heuperiode.

Hammel VI, der 4500 g Silage bekam, hat zwar einen höheren Ammoniakgehalt im Harn aufzuweisen als Hammel V, aber die Aenderung der Harnreaktion nach der sauren Seite hin ist viel geringer. Mit zwei Ausnahmen, in denen der pH-Wert nur wenig unter der neutralen Grenze liegt, bleibt die Harnreaktion im alkalischen Bereich. Sogar pH-Werte von 8,4 und 8,5 wurden während des Versuchsabschnittes gemessen. Was den NH_3-Gehalt im Harn dieses Tieres betrifft*), so ist er deutlich erhöht. Der Durchschnittswert von 26,11 mg-Aequivalent übersteigt bei weitem die bei Hammel V während der Silagefütterung gebildete NH_3-Menge und beträgt etwa das 3 $^1/_2$ fache des Normalwertes. Die durchschnittlich ausgeschiedene gesamte Ammoniakmenge im Harn pro Periode steigt bei Hammel V von 90,93 mg auf 441,60 mg, bei Hammel VI von 58,64 auf 1329,70 mg. Der Prozentwert des NH_3-Stickstoffs zum Gesamtstickstoff im Harn ändert sich in der Weise, daß er bei Hammel V von 0,82 auf 4,40, bei Hammel VI von 0,82 auf 10,06 % steigt.

Tabelle 6.
Ergebnisse der Blutanalysen.

Bezeichnung	Hammel V 50 % Silage					Hammel VI nur Silage				
	Serum			Blut		Serum			Blut	
	pH	CO_2	Cl	Zucker	Cl	pH	CO_2	Cl	Zucker	Cl
Heufütterung . .	7,8	62,3	3,62	100	3,08	7,75	63,2	3,53	100	2,99
50 % Silage . . .	7,8	49,0	4,07	160	3,76					
100% Silage . . .						7,77	53,8	3,91	170	3,36

Die Ergebnisse der Blutanalysen in Tabelle 6 beweisen für beide Hämmel eine eindeutige Reaktion auf Silagefütterung. Wie in Versuch II ist auch hier ein Rückgang des CO_2-Gehaltes im Blutplasma festzustellen. Auffallend ist, daß Hammel V, der nur 50 % Silofutter erhielt, einen stärkeren CO_2-Verlust erfahren hat als Hammel VI mit nur Silagefütterung.

Das Serumchlor steigt bei beiden Tieren bei HCl-Silage etwa um 0,4 mg. Das Chlor des Gesamtblutes von Hammel V

*) Vergl. Abbildung 14, S. 29 u. 15, S. 30.

dagegen ist um 0,7 mg gestiegen, während Hammel VI nur 0,4 mg Chlorzunahme zu verzeichnen hat. Sehr deutlich ist bei beiden Tieren eine Blutzuckerzunahme festzustellen. Während der Silagefütterung ist der Blutzucker bei Hammel V um 60 %, bei Hammel VI um 70 % des bei Heufütterung gemessenen Normalwertes gestiegen (Tabelle 6).

Die Messung der Blutreaktion ergab absolut negative Ergebnisse inbezug auf eine Säurewirkung. Für Hammel V ergaben die pH-Messungen beidesmal gleiche Werte, bei Hammel VI war der pH-Wert der letzten Messung sogar eine Kleinigkeit gestiegen.

Einfluß eines Ca-Präparates auf das Säure-Basengleichgewicht bei Silagefütterung.

Den Einfluß eines zum Gärfutter zugesetzten Kalziumbilactatpräparates prüften wir während des III. Versuchsabschnittes der Versuche I und II, in dem je einem Tier pro Mahlzeit 15 g nachstehenden Präparates zur Futterration gegeben wurden. Das Präparat setzt sich wie folgt zusammen:

Kalzium	10 %
milchsaurer Kalk . . .	50 %
freie Milchsäure . . .	20 %
Wasser	20 %

Die in Versuch I gefundenen Harnergebnisse der betreffenden Periode zeigt Tabelle 1. Hammel III hat trotz des Kalziumbilactatzusatzes im Durchschnitt im Vergleich zur vorhergehenden Periode einen etwas stärkeren pH-Abfall zu verzeichnen als Hammel IV (ohne Präparat).

Die NH_3-Menge pro Liter Harn, die bei beiden Tieren zurückgegangen ist, hat allerdings bei Hammel III einen stärkeren Rückgang erfahren, dagegen weist die gesamte ausgeschiedene NH_3-Menge pro Tag des betreffenden Versuchsabschnittes deutliche Unterschiede auf (vergl. Abbildung 3, S. 13). Während die NH_3-Menge bei Hammel IV von 112,66 mg der vorhergehenden Periode in der III. Periode weiter auf 149,44 mg steigt, fällt sie bei Hammel III von 134,23 sehr stark auf 46,36 mg ab. Etwa parallel zu diesen unterschiedlichen Veränderungen in der NH_3-Menge beider Tiere verläuft auch das Verhältnis von NH_3-Stickstoff zum Gesamtstickstoff des Harns (Abbildung 3, S. 13).

Die Ergebnisse der angestellten Blutuntersuchungen zeigen keine Unterschiede im Chlorgehalt des Gesamtblutes(Abbildung 4). Im Serum hat sogar bei Hammel III das Chlor etwas stärker zugenommen als bei Hammel IV. Auf der anderen Seite aber ist bei Hammel IV ein Abfall des CO_2-Gehaltes festzustellen, den das andere Tier nicht zu verzeichnen hat (Abbildung 5, S. 15).

Der Zuckerspiegel des Blutes ergibt wieder etwas deutlichere Unterschiede zwischen beiden Versuchstieren. Für Hammel III

beträgt der Blutzucker 60 mg %, für Hammel IV 110 mg/%. Die pH-Werte sind bei beiden Tieren die gleichen wie in den vorhergehenden Versuchsabschnitten.

Im II. Versuch mit H_2SO_4-Silage erhielt Hammel I in dem dritten Versuchsabschnitt das Kalziumbilactatpräparat. Die vergleichenden Werte der Harnuntersuchungen enthält Tabelle 3, S. 16.

Der durchschnittliche pH-Wert*) der Periode ist für beide Tiere gefallen, aber etwas stärker bei Hammel II, der kein Präparat bekam.

Die pro Liter ausgeschiedene NH_3-Menge ist bei Hammel I um 9,33 m-Aequivalente, bei Hammel II dagegen um 18,04 m-Aequivalente, also etwa um das Doppelte gestiegen, während die gesamte ausgeschiedene NH_3-Menge, wie Abb. 8, S. 18 zeigt, nicht ganz diesen Unterschied erkennen läßt. Das Verhältnis des NH_3-Stickstoffs zum Gesamtstickstoff des Harns bleibt bei beiden Tieren etwa das gleiche (Abb. 9, S. 19).

Die Blutanalysen zeigen, daß das Chlor (S. 21) des Gesamtblutes wie auch besonders das Serumchlor bei Hammel I weniger stark vermehrt ist als bei dem Tiere, das ohne Präparat die Silage erhielt. Auch der CO_2-Gehalt des Blutes hat bei Hammel I z.T. nicht ganz so stark abgenommen wie bei Hammel II (vergl. Abb. 10, S. 20).

Die aus Tabelle 4, S. 20 zu ersehenden Blutzuckerwerte können, wie bereits erwähnt, als individuelle Schwankungswerte angesehen werden und brauchen deshalb auch bei dieser Beurteilung keine Erwägung zu finden.

Die Blutreaktion bietet keinerlei Vergleichsmöglichkeiten in der Beurteilung des Kalziumbilactatpräparates.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß das Kalziumbilactatpräparat in beiden Versuchen eine Verminderung des NH_3-Gehaltes im Harn verursacht, die Harnreaktion aber kaum beeinflußt hat.

Bei den Blutergebnissen war eine günstige Wirkung des Präparates wegen der geringen Veränderungen in der Blutzusammensetzung im Versuch I verständlicherweise nur im Versuch II festzustellen.

Zum Schluß dieser Versuche sei noch erwähnt, daß der Gesundheitszustand der Tiere auch während der Silagefütterung nichts zu wünschen übrig ließ. Der Kot war immer gut geballt, nur war auf Grund des größeren Feuchtigkeitsgehaltes der Silagen die Harnmenge in den entsprechenden Perioden vermehrt.

Die in der IV. Periode am 7. Tage vorgenommenen Blut- und Harnuntersuchungen lieferten bei allen Tieren wieder durchaus normale Ergebnisse.

*) Abb. 6, S. 17.

Diskussion der Ergebnisse.

Der Einfluß der ohne Mineralsäurezusatz hergestellten Silage.

Die Versuchsergebnisse des Versuches I (Silage ohne Mineralsäurezusatz) zeigen zusammenfassend folgende Resultate: Bei „50 %iger" Silageration bleibt bei beiden Versuchstieren die Harnreaktion die gleiche wie bei Heufütterung. Der NH_3-Gehalt ändert sich bei einem Versuchstier ebenfalls nicht, dagegen nimmt er bei dem zweiten Tier die doppelte Menge an. Die gesamte NH_3-Menge im Harn pro Tag der II. Periode steigt bei beiden Tieren um das Doppelte. Der Prozentsatz des gesamten Ammoniakstickstoffs zum gesamten Stickstoff des Harns erreicht für Hammel III mehr als das Doppelte des Normalwertes, während er bei Hammel IV kaum gestiegen ist (Abb. 1, S. 13).

Die Blutanalysen am Ende derselben Periode ergeben negative Ergebnisse inbezug auf eine Säurewirkung der Futterration.

In der III. Periode mit einer Silageration von 100 % reagieren beide Tiere mit einem sauren Harn, dessen Durchschnitts-pH-Wert eine Einheit unter dem pH-Wert der Heufütterung liegt.

Der NH_3-Gehalt pro Liter Harn ist auffallenderweise insbesondere bei Hammel III infolge Steigerung der Harnabsonderung weit unter den Normalwert zurückgegangen. Die gesamte NH_3-Menge dagegen ist bei Hammel IV weiter gestiegen, bei Hammel III mit Kalkpräparat in der III. Periode bleibt sie weit hinter der I. Periode und erst recht unter dem in Periode II gefundenen Werte. Das Verhältnis des NH_3-Stickstoffs zum Gesamtstickstoff ist für Hammel III etwas unter die Norm zurückgegangen und beträgt für Hammel IV 1,73 %.

Die Blutreaktion, der Gehalt an Chlor und Blutzucker im Gesamtblut erleiden bei ausschließlicher Silagefütterung keine Veränderung. Dagegen ist bei beiden Tieren, insbesondere bei Hammel III, das Serumchlor gering vermehrt. Der CO_2-Gehalt nimmt nur im Blut von Versuchstier IV etwas ab.

Der Einfluß, den eine ohne Mineralsäurezusatz hergestellte Silage auf das Säurebasengleichgewicht hervorruft, ist auf Grund unseres Versuchs als äußerst schwach zu bezeichnen. Eine Futterration, bestehend aus 50 % der betreffenden Silage, läßt mit Ausnahme einer NH_3-Vermehrung des einen Tieres keine Anzeichen für eine Säurewirkung der Futterration erkennen. Die Zunahme des Gesamt-NH_3-Gehaltes ist unter Berücksichtigung der vermehrten Harnabsonderung während der Silagefütterung nicht als anormal anzusehen und dürfte auch nicht als vermehrte NH_3-Bildung direkt gedeutet werden. Der Harn-ph und die Blutanalysen des betreffenden Versuchsabschnittes liefern durchaus negative Ergebnisse.

Die Blutuntersuchungen zeigen bei 100 %iger Silagefütterung nicht ganz eindeutig positive Ergebnisse. Sie können aber zusammen mit den gefundenen erniedrigten pH-Werten des Harns als Zeichen einer geringen Säureentfaltung des Futters mit herangezogen werden.

Der Einfluß einer H_2SO_4-Silage auf das Säurebasengleichgewicht.

Ein wesentlich anderes Bild gibt Versuch II ab. Schon bei 50 % Silage in der Futterration ist eine starke Säurewirkung festzustellen. Besonders auffallend ist das starke Abfallen des Harn-pH, der mit 5,37 bezw. 5,32 ganz bedenkliche Werte annimmt; ein deutlicher Beweis für die sauren Stoffwechselprodukte, die die H_2SO_4-Silage liefert. Der NH_3-Gehalt des Harnes steigt während der Silagefütterung auf das vielfache des Normalwertes.

Gleichzeitig suchen die Regulationsmechanismen des Blutes der Säurewirkung zu begegnen, um die notwendige Reaktion beizubehalten. Der CO_2-Gehalt ist bedeutend gesunken, das Chlor im Gesamtblut und im Serum vermehrt. Dagegen fällt vorübergehend der pH-Wert im Blut nur ganz gering ab.

Die Anzeichen einer Säurewirkung verstärken sich noch in der III. Periode. Trotz des angestrengten Regulationsmechanismus der NH_3-Bildung vermag der Tierkörper nicht mehr die stark sauren Ausscheidungsprodukte auf die für den Organismus notwendige Reaktionshöhe zu bringen. Der Harn bleibt bei noch so hohem NH_3-Gehalt stets sauer.

Im Blut sind die im Säurebasenhaushalt tätigen Regulatoren in verstärktem Maße in Anspruch genommen. Der CO_2-Gehalt geht bedenklicherweise auf die Hälfte des Normalwertes herunter. Auf der anderen Seite steigt das Chlor des Gesamtblutes wie auch das Chlor des Serums an. Der Blutzuckerspiegel ist ebenfalls etwas gestiegen. Daneben ist auffallend, wie zäh der Organismus an der notwendigen Blutreaktion festhält.

Der pH-Wert des Blutes ändert sich nur sehr wenig, obwohl aus den Ergebnissen deutlich auf eine ziemlich starke Säureentfaltung der Futterration geschlossen werden kann.

Im zweiten Versuch ist die Säurewirkung bedeutend stärker als im ersten.

In beiden Versuchen zeigt sich aber, daß die stärkste Säurewirkung immer zu Beginn einer Fütterung mit einem eine Säurewirkung entfaltenden Futter auftritt, allmählich setzt aber der Kompensationsmechanismus ein, der die Säurewirkung zum Teil aufhebt.

Der Einfluß einer HCl-Silage auf das Säurebasengleichgewicht.

Die Versuchsergebnisse von Versuch III lassen bei einem allgemeinen Ueberblick nicht ganz die starke Säurewirkung erkennen, wie sie Versuch II mit H_2SO_4-Silage aufweist. Zwar ist auch hier bei einer Futterration von 50% Silage eine Beeinflussung von pH-Wert und NH_3-Gehalt im Harn festzustellen, aber die Veränderungen erreichen nicht die extremen Werte wie in der entsprechenden Periode des zweiten Versuches.

Der Mittelwert des NH_3-Gehaltes der Periode II von 10,95 m-Aequivalent beträgt etwa nur die Hälfte des Wertes des entsprechenden H_2SO_4-Silageversuches; dabei ist der Harn-pH etwa um eine Einheit höher als in der gleichen Periode des II. Versuches.

Die Blutuntersuchungen der betreffenden Periode geben wie bei H_2SO_4-Silage starke Zeichen für die Säurewirkung der Futterration.

In Periode III ist der pH-Wert des Harns bei HCl-Silage bedeutend höher als bei H_2SO_4-Silage. Auch der NH_3-Gehalt des Harns zeigt weniger stark nach einer Säurewirkung hin als in der gleichen Periode des II. Versuches.

Vergleich der drei Silagearten in ihrem Einfluß auf das Säurebasengleichgewicht.

Abbildung 13. Silage I—III.
pH-Werte im Harn.

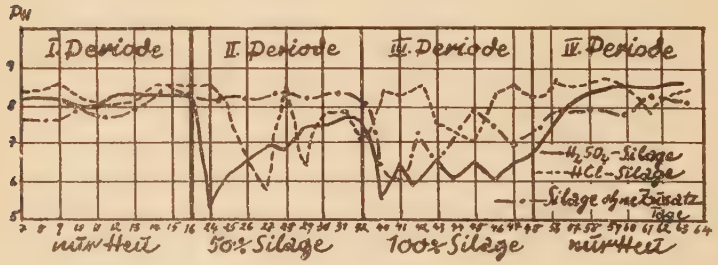


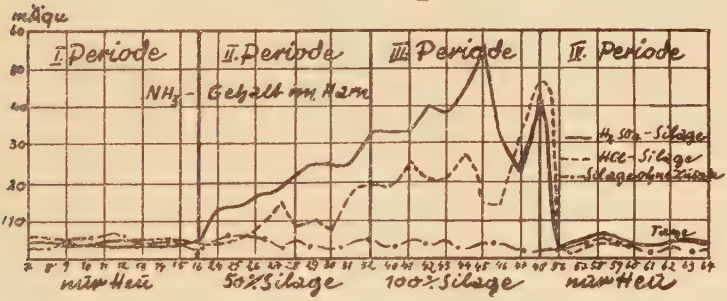
Abbildung 13 gibt einen Ueberblick über das Verhalten der Harnreaktion bei den drei Silofutterarten während der Versuchszeiten. In Periode I (Heufütterung) liegen die pH-Kurven ungefähr in gleicher Höhe. Periode II weist dagegen bedeutende Unterschiede auf. Die pH-Werte bei der Silage ohne Mineralsäurezusatz bleiben die gleichen wie bei Heufütterung; die pH-Kurve läuft auf gleicher Höhe weiter. Die Kurve der H_2SO_4-Silage weist dagegen zu Anfang der Periode einen besonders starken Abfall

auf, steigt aber täglich, erreicht jedoch auch am Ende der Periode nicht die normale Höhe. Die gefundenen pH-Werte bei HCl-Silage sind, wie die Kurve zeigt, sehr unterschiedlich in der II. Periode. Jedoch ist auch hier anfangs ein bedeutender pH-Abfall bemerkbar, der aber nicht die Tiefe erreicht wie bei H_2SO_4-Silage. Der mittlere pH-Wert der HCl-Silage bleibt höher als derselbe Wert bei H_2SO_4-Silage.

In der III. Versuchszeit fällt auch die pH-Kurve der ohne Mineralsäurezusatz hergestellten Silage deutlich ab, um später wieder etwas anzusteigen. Für die Kurve der H_2SO_4-Silage wiederholt sich der zu Beginn der II. Periode beschriebene Abfall, der Wiederanstieg erfolgt aber lange nicht in dem Maße wie in Periode II. Die täglich gefundenen pH-Werte liegen sämtliche unter dem pH-Wert 7.

Anders verhält sich die Harnreaktion der III. Periode bei der HCl-Silage. Die pH-Werte sind zeitweise durchaus normal nur vorübergehend ist ein Absinken der pH-Kurve feststellbar.

Abbildung 14.



Deutlich charakterisiert Abbildung 14 das verschiedene Verhalten der NH_3-Bildung bei den drei Silagearten. Die Silage ohne Zusatz verursacht, wie die auf gleicher Höhe sich bewegende Kurve deutlich wiedergibt, während des ganzen Versuches keine vermehrte NH_3-Bildung. Bei H_2SO_4-Silage steigt die Kurve ganz enorm an und erreicht in der III. Periode ihren Gipfel. Eine Mittelstellung nimmt die NH_3-Kurve für die HCl-Silage ein.

Abbildung 15 vergleicht noch einmal das Verhältnis des Ammoniakstickstoffs zum Gesamtstickstoff des Harns für die drei Arten der Silage. Die dargestellten Prozentzahlen zeigen ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Silagearten. Etwa die normalen Verhältnisse bleiben bei der ohne Mineralsäure hergestellten Silage, während bei H_2SO_4-Silage das Verhältnis sich am stärksten ändert, sodaß für die HCl-Silage eine Mittelstellung bleibt.

Abbildung 15.
N des NH_3 in Prozent des Gesamtstickstoffs im Harn.

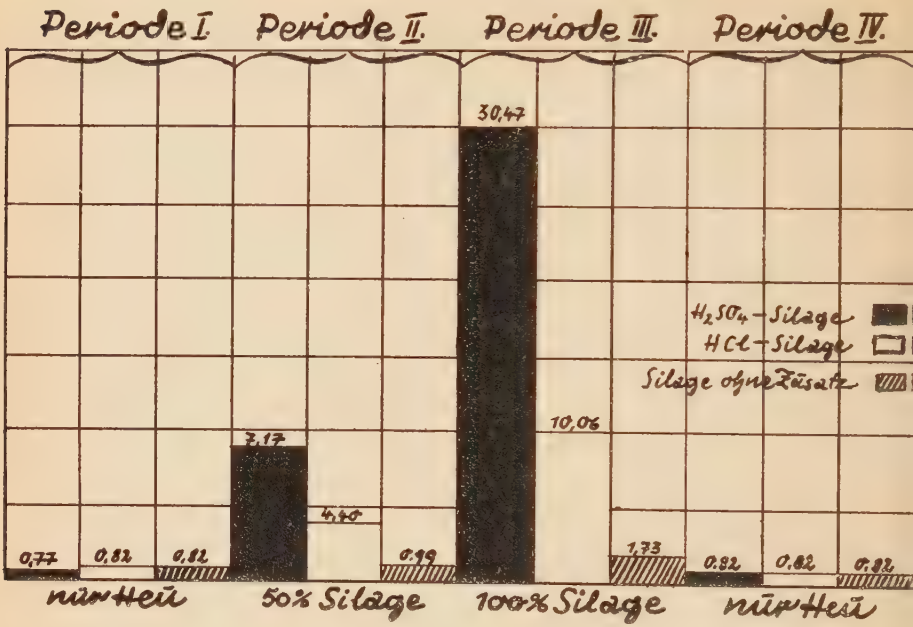
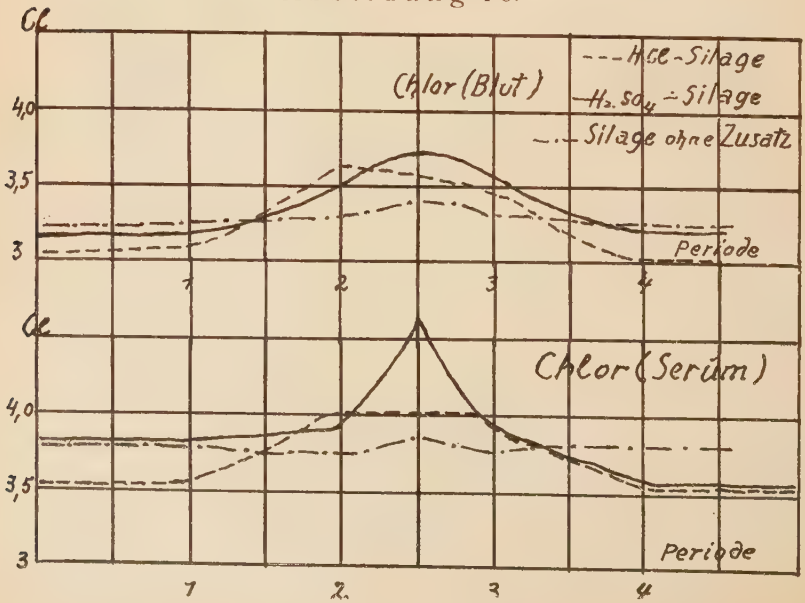
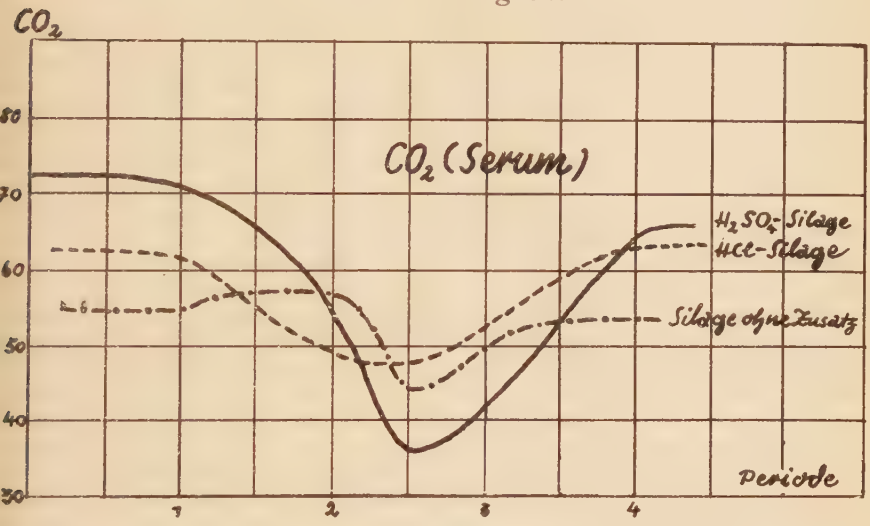


Abbildung 16.



Die Ergebnisse der Blutuntersuchungen ergeben, wie Abbildungen 16 und 17 zeigen, bei H_2SO_4-Silage die stärksten Beweise einer Säurewirkung, während die Veränderungen in der Blutzusammensetzung, die eine ohne Mineralsäurezusatz hergestellte Silage verursacht, nur sehr gering sind und die betreffenden Kurven kaum nennenswerte Differenzen aufweisen. Wiederum eine Mittelstellung inbezug auf die Säurewirkung beweisen

Abbildung 17.



die Ergebnisse der Blutuntersuchungen bei der HCl-Silage. Die betreffenden Kurven nehmen zwischen den beiden anderen Kurven etwa die Mitte ein. Wenn wir den Einfluß der drei verschiedenen Silagearten auf das Säurebasengleichgewicht zusammenfassend beurteilen wollen, so hat es zunächst das Ansehen, als würde die Salzsäuresilage keine so starke Säurewirkung entfalten, wie die Schwefelsäuresilage. Es ist aber dabei zu bedenken, daß es sich um zwei verschiedene Futtermittel handelt, von denen das eine, die Futtermalve sich durch einen hohen Kalziumgehalt auszeichnet wie von den Driesch*) nachgewiesen hat, sie enthält fast dreimal mehr Kalzium als die Sudansilage; sodaß man auch annehmen kann, daß die Futtermalve sich durch einen hohen Basenüberschuß auszeichnet und trotz der Zugabe der Salzsäure das Säurebasengleichgewicht nicht ernstlich gestört ist. Die Unterschiede in der Säurewirkung der beiden Mineralsäuresilagen beruhen also in unserem Falle weniger auf einen Unterschied in der Säurewirkung zwischen Salz- und Schwefelsäure als vielmehr in dem Säurebasengleichgewicht von Sudangras und Futtermalve.

*) noch nicht veröffentlicht.

Versuch IV an Kühen.

Um bei unseren angeführten Versuchen möglichst eindeutig die verschieden starke Säurewirkung der drei Gärfutterarten studieren zu können, war es notwendig, große Mengen Silage zu verfüttern. Nur auf diese Weise konnten wir von der gestellten Aufgabe die sichersten und eindeutigsten Ergebnisse erwarten. Andererseits aber haben wir mit den Versuchen den praktischen Verhältnissen weniger Rechnung tragen können. Aus diesem Grunde ist folgender Versuch an Kühen durchgeführt worden, der in weitestem Maße der Praxis entspricht.

Die eine Gruppe von Kühen erhielt während des Winters (etwa 4 Monate) als Futterration pro Tag und Tier 6 kg Heu, 40 kg Futterrüben, 20 kg einer Schwefelsäuresilage, 30 g*) Mineralsalzmischung und Kraftfutter nach Leistung, die Vergleichsgruppe dagegen während derselben Zeit eine Futterration ohne Silage. Aus den beiden Gruppen wurden an je zwei Durchschnittskühen die Untersuchungen durchgeführt.

Die gefundenen Werte bewegen sich sämtliche innerhalb der normalen Grenzen und lassen keinen Unterschied zwischen der Silage- und der Vergleichsgruppe erkennen. Der Harn der Tiere ist stark alkalisch und enthält sehr wenig, teilweise überhaupt kein Ammoniak. (Siehe Tabelle 7.)

Tabelle 7.

		Blut				Harn			
		pH im Serum	CO_2 im Serum	Cl im Blut	Cl im Serum	1. Untersuchung pH	1. Untersuchung NH_3	2. Untersuchung pH	2. Untersuchung NH_3
mit Silage	Kuh 189	7,70	51,0	3,08	3,43	8,1	0,59	8,3	0,85
	Kuh 239	7,55	51,0	3,12	3,58	8,3	2,56	8,2	0,00
ohne Silage	Kuh 324	7,80	55,7	3,13	3,52	8,3	0,00	8,4	1,70
	Kuh 325	7,80	53,8	3,11	3,58	8,2	0,00	8,2	0,00

Die Blutuntersuchungsergebnisse zeigen, von kleinen Differenzen abgesehen, durchaus normale Werte bei allen Kühen. Auf Grund dieses Versuches ist die Verfütterung von mäßigen Mengen einer Mineralsäuresilage ohne Einfluß auf die Reaktionsverhältnisse im tierischen Organismus.

*) Die Mineralsalzmischung bestand aus 60% kohlens. Kalk, 35% phosphors. Kalk und 5% Viehsalz.

Zusammenfassung.

In einer Reihe von Versuchen wurde der Einfluß von Gärfutter auf die Reaktionsverhältnisse im tierischen Organismus geprüft. Das Gärfutter wurde einmal an Schafe, dann aber auch an Kühe verabreicht. Als Vergleichungsgrundlage diente bei den Schafen mittelgutes Wiesenheu, das die Tiere als alleiniges Futter erhielten. Von diesem Grundfutter wurden dann steigende Mengen des Trockensubstanzgehaltes durch eine etwa gleich hohe Trockensubstanzmenge Gärfutter ersetzt und zwar zunächst 50 % des Trockensubstanzgehaltes der Futterration. Schließlich erhielten die Tiere nur noch Gärfutter. Die Versuche wurden mit einer normalen Grundfutterperiode (Heu) beendet, in der der Zeitpunkt des Eintretens normaler Reaktionsverhältnisse bestimmt wurde.

Die Versuche bei den Kühen wurden mit 2 Gruppen durchgeführt, von denen die eine die übliche Winterfutterration unter Beigabe von 20 kg Mineralsäuresilage je Kopf und Tag erhielt, während die andere Gruppe bei etwa gleichem Nährstoffgehalt der Futterration kein Gärfutter bekam.

Die Hauptergebnisse sind folgende:

1. Gärfutter, das ohne Mineralsäurezusatz gewonnen wurde, rief, selbst in großen Mengen verfüttert, keine erhebliche Störung des Säurebasengleichgewichtes hervor.

2. Dagegen entfaltete Gärfutter, dem Mineralsäure zugesetzt wurde, eine deutliche Säurewirkung.

3. Die Säurewirkung machte sich zuerst in einer Veränderung der Harnreaktion bemerkbar; auf den ersten Säurestoß hin fiel der pH-Wert stark ab, um dann später mit dem Ansteigen des Ammoniakgehaltes ebenfalls wieder anzusteigen.

4. Der Ammoniakgehalt im Harn stieg dagegen nur sehr langsam an, erreichte aber dann sehr hohe Werte.

5. Auch die Blutuntersuchungeu ließen deutlich den Einfluß der Säurewirkung erkennen; so wurde bei Verfütterung von Mineralsäuresilage ein starkes Absinken des Kohlensäuregehaltes im Blutplasma beobachtet, während gleichzeitig das Chlor im Gesamtblut und im Plasma anstieg. Auch der Blutzucker stieg in einigen Fällen um 60—70 % an, in anderen dagegen nicht. Allerdings ist die Zahl der Blutzuckerbestimmungen im Vergleich zu den anderen durchgeführten Untersuchungen zu gering, um eindeutige Schlußfolgerungen zu erlauben.

6. Die Reaktion des Blutes wurde trotz starker Säurewirkung vom Organismus ziemlich zäh festgehalten.

7. Kalziumbilactat, das zur Abschwächung der Säurewirkung verabfolgt wurde, vermochte diese zwar zu hemmen, konnte sie aber nicht völlig beseitigen.

8. Bei Verfütterung mäßiger Mengen Mineralsäuresilage an Milchkühe und gleichzeitiger Beachtung aller erforderlichen Vorsichtsmaßregeln konnten keine Anzeichen für die Säurewirkung gefunden werden.

Die praktischen Schlußfolgerungen aus dieser Arbeit würden lauten:

Bei der Verfütterung von Mineralsäuresilage es nie an den entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen, wie Beigabe reichlicher Mengen guten, kalkreichen Wiesen-, Klee- oder Luzerneheus fehlen zu lassen und vor allem nicht einseitig hohe Gaben Mineralsäuresilage zu füttern. Das Kalzium ist selbst in organischer Bindung kein ideales Regulationsmittel für die Erhaltung eines konstanten Säurebasengleichgewichtes. Es muß daher weiteren Versuchen vorbehalten bleiben, hier neue Mittel und Wege zu finden.

Am Ende meiner Dissertation ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Valentin Horn für die Überlassung der Arbeit und die mir dabei zuteil gewordene Hilfe meinen Dank auszusprechen.

Schrifttum.

1. Straub: Ergebnisse der inneren Medizin und Kinderheilkunde, Bd. 25, 1924.
2. K. Klinkel: Der Mineralstoffwechsel. Leipzig 1931.
3. Nash-Benedikt: J. of Biol. chem. 69, 381, 26.
4. H. Elias: Ergebnisse der inneren Medizin und Kinderheilkunde, Bd. 25, 1924.
5. A. S. Solun und Schuster: Tierernährung, 6, 1934.
6. Brouwer: Tierernährung, 7, 1935.
7. Kronacher: Züchtungskunde, 1929.
8. Nils Hansson: Tierernährung, 3, 1931.
9. Theiler; Green: Nutr. Abstr. 1, 359, 1932.
10. Lamb; Evard; J. of biol. chem. 94, 415, 1931/32.
11. Walter: Archiv f. exp. Path. Z. 1877.
12. Steenbock; Nelson, Hardt: J. of biol. chem. 19, 399, 1914.
13. Die Futterkonservierung, Bd. II, 1.
14. Kuchler: Silosparwirtschaft.
15. R. Weiß: Ein Beitrag zur Klärung der günstigen diätetischen Wirkung der Milchsäure. Archiv für Tierernährung und Tierzucht, Bd. 9, S. 698, 1933.
16. Christ, H.: Kritik der kolorimetrischen Blutzuckerbestimmung nach Crecelius-Seifert.

Lebenslauf.

Als Sohn des Landwirts Jakob Seibel und seiner Ehefrau Anna, Maria, geb. Pörsch wurde ich am 7. Mai 1910 in Beltheim (Hunsrück) geboren. Ich besuchte von 1916 bis 1924 die Volksschule in Beltheim und von 1925 bis 1931 die Aufbauschule in Münstermaifeld, wo ich Ostern 1931 das Zeugnis der Reife erhielt. Vom Sommer-Semester 1931 bis einschließlich Winter-Semester 1932/33 studierte ich an der Universität in Gießen und bestand dort am Ende des Winter-Semesters 1932/33 das Physikum. Nach dem ersten klinischen Semester an der tierärztlichen Hochschule in Wien studierte ich die letzten 4 Semester wieder in Gießen, wo ich im Winter-Semester 1935/36 mein Staats-Examen ablegte. Nach einem dreimonatlichen Schlachthofkursus an dem Städt. Schlachthof in Gießen erhielt ich im März 1936 meine Approbation als Tierarzt.